

справочном пособии не требует больших финансовых и трудовых затрат, достаточно наличия компьютера и времени на разработку.

Разработанное электронное справочное пособие позволяет оптимизировать и интенсифицировать процесс изучения технологии комбикормового производства, визуализировать материал, служит дополнительным источником информации при проведении лекций, помогает при самоподготовке студентов к проведению лабораторных и практических занятий, при разработке курсовых и дипломных проектов, а также в процессе самостоятельной работы выпускников в качестве инженеров-технологов комбикормового производства.

#### Список литературы

1 Программа для создания книг и учебников SunRav BookOffice [Электронный ресурс] – 14.10.2016. – Режим доступа: <http://sunrav.ru/bookoffice.html>

УДК 65.011.66

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА SIMULINK ПРИ СИНТЕЗЕ ФУНКЦИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**Е.Л. Волынская**

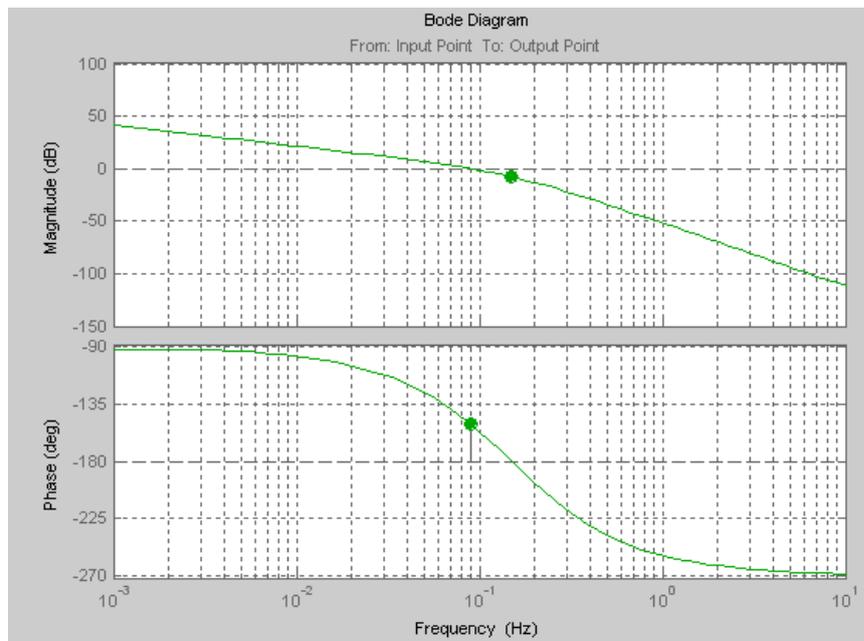
Могилевский государственный университет продовольствия,  
г. Могилев, Республика Беларусь

При разработке методов и средств контроля необходимо располагать совокупностью соотношений и условий, позволяющих установить, является ли проверяемая система и ее устройства работоспособными или нет. Такую совокупность соотношений и условий принято называть соответственно функцией и условиями работоспособности. Частным случаем автоматических систем являются устройства автоматического регулирования, основными показателями качества, функционирования которых являются устойчивость, динамическая погрешность и качество регулирования. Поэтому для такого типа устройств (систем) функции работоспособности должны позволять оценивать их устойчивость, погрешность и качество регулирования по результату контроля.

В программном пакете Matlab создадим функцию работоспособности для системы третьего порядка с использованием ПИ-регулятора. Передаточная функция такой системы будет иметь вид:

$$W(p) = \frac{0.75}{(0.58 \cdot p + 1)(p + 1)^2} \left[ 1 + \frac{0.5}{p} \right]$$

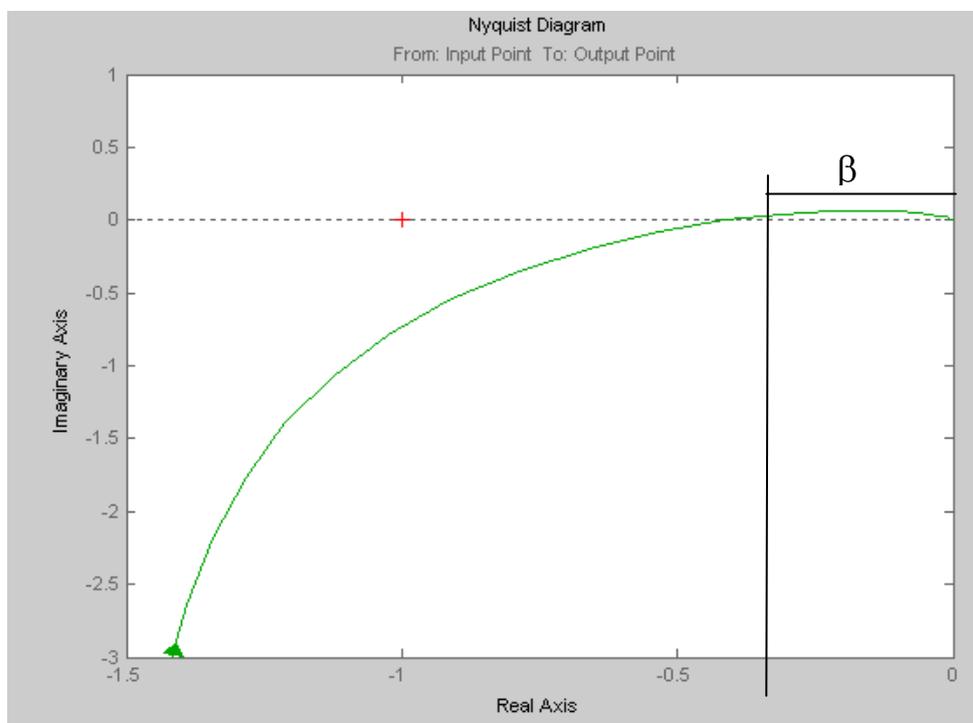
Чтобы определить функцию работоспособности необходимо построить графики логарифмических амплитудно-фаз частотных характеристик (рисунок 1) и амплитудно-фазочастотной характеристики (рисунок 2).



**Рисунок 1 – Графики ЛАФЧХ системы с ПИ-регулятором**

Запас устойчивости по амплитуде  $\Delta L = 7.76$  дБ; Запас устойчивости по фазе  $\Delta\varphi = 28.9$  град .

Запас устойчивости можно оценивать по удалению амплитудных фазовых характеристик (АФХ) разомкнутой системы от точки  $(-1, j0)$ . При этом в качестве функции работоспособности используется запас устойчивости по амплитуде  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , а так же запас устойчивости по фазе  $\mu_1$ .



**Рисунок 2 – График АФЧХ для системы с ПИ-регулятором**

В приведенном примере  $\beta_1=0,41$ , а  $\beta_2$  не существует, так как АФЧХ не охватывает точку с координатами  $(-1, j0)$ ;  $\mu_1=151,1^0$ .

Запас устойчивости по амплитуде обычно оценивают в децибелах:

$$L_1 = \frac{20 \lg 1}{\beta_1} \quad \text{и} \quad L_2 = \frac{20 \lg 1}{\beta_2} .$$

Для данного примера  $L_1=7,76$  дБ.

Этот запас тем больше, чем больше  $L_1$  и  $L_2$ . В хорошо демпфированных системах обычно они составляют 10 – 20 дБ, а запас по фазе равен 30 – 60°. Следовательно, условия работоспособности можно записать в следующем виде:

$$L_1 > L_{\text{доп } 1}, \quad L_2 > L_{\text{доп } 2}, \quad \mu_1 \geq \mu_{\text{доп } 1},$$

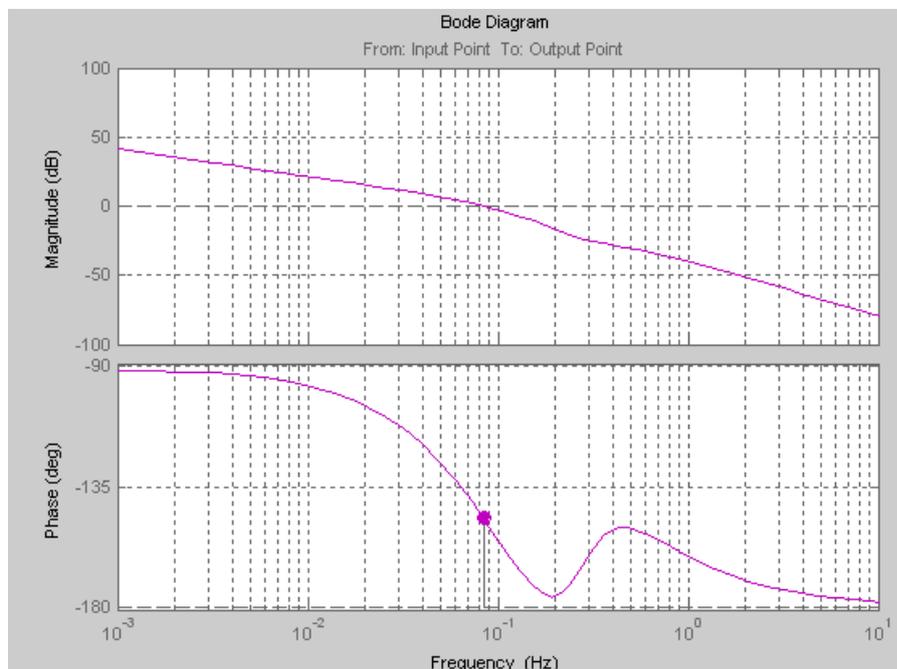
где  $L_{\text{доп } 1}, L_{\text{доп } 2}, \mu_{\text{доп } 1}$  – соответственно допустимые значения запаса устойчивости по амплитуде и по фазе.

В данном расчете нас не удовлетворяет запас системы по амплитуде. Чтобы его увеличить можно ввести в систему ПИД-регулятор. Передаточная функция примет вид

$$W(p) = \frac{0.75}{(0.58 \cdot p + 1)(p + 1)^2} \left[ 1 + \frac{0.5}{p} + 0.2p \right]$$

Запас по амплитуде обеспечен, так как АФЧХ не имеет точек пересечения с отрицательной действительной осью. То есть, вводя дополнительно дифференцирующую часть в передаточную функцию регулятора, мы добились повышения запасов устойчивости и по амплитуде, и по фазе. Можно сказать, что система работоспособна

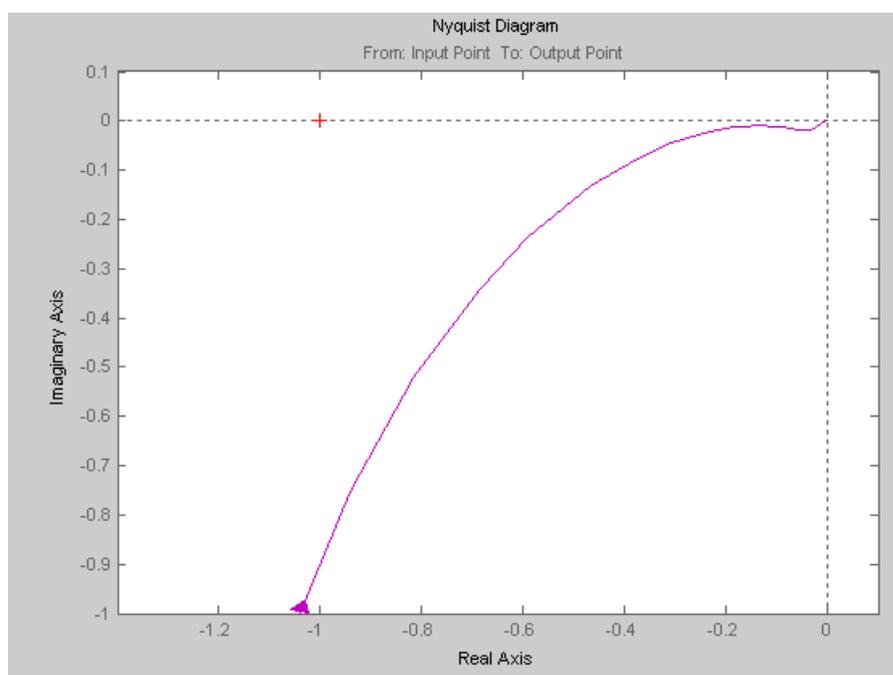
Таким образом, создавая функцию работоспособности, можно оценить запасы устойчивости системы и при необходимости провести корректировку структуры и параметров системы автоматического управления.



**Рисунок 3 – Графики ЛАФЧХ системы с ПИД-регулятором**

Запас устойчивости по амплитуде  $\Delta L$  обеспечен

Запас устойчивости по фазе  $\Delta \varphi = 33,4$  град



**Рисунок 4 – График АФЧХ для системы с ПИД-регулятором**

УДК 512.643+519.7

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОБЩЕННЫХ ПЕРЕХОДНЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИАДИЧЕСКИХ МАТРИЦ**

**Г.Н. Воробьев, А.М. Гальмак, И.П. Овсянникова**

Могилевский государственный университет продовольствия,  
г. Могилев, Республика Беларусь

В связи с развитием современных информационных технологий появились тенденции к обработке сложных структур данных не обязательно числовой характеристики. В связи с этим актуальной является задача моделирования объектов различной природы с применением новых математических методов и моделей. В этом направлении именно на алгебраической базе наиболее удобно разрабатывать общие подходы к конструированию математических структур и разработке эффективных вычислительных методов и алгоритмов. Предлагается новый метод организации переходных систем на основе полиадических матриц, который может быть использован при разработке многомерных информационных объектов, в том числе в курсовых и дипломных проектах при изучении дисциплин информационно-технологического направления.

Напомним определение [1] обобщенной переходной системы. Ею называют тройку  $U = \langle A, S, \varphi \rangle$ , где

$A$  – непустое конечное или бесконечное множество, называемое множеством входных символов или входным алфавитом;

$S = \langle S_1, S_2, \dots \rangle$  – последовательность непустых конечных или бесконечных множеств, называемых множествами состояний;

$\varphi = \langle \varphi_1, \varphi_2, \dots \rangle$  – последовательность функций  $\varphi_t: S_t \times A \rightarrow S_{t+1}$  ( $t = 1, 2, \dots$ ), называемых функциями переходов.

Таким образом, обобщенная переходная система устанавливает закон изменения состояний под действием входных символов. Задать обобщенную переходную систему  $U = \langle A, S, \varphi \rangle$  при условии, что заданы входной алфавит  $A$  и последовательность  $S$  множеств состояний  $S_t$  ( $t = 1, 2, \dots$ ), значит, описать функции переходов  $\varphi_t$  ( $t = 1, 2, \dots$ ).